

УДК 631.416

**ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ  
ПОЛИЭЛЕМЕНТНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОЧВЫ****Коротченко И.С.*****ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет»***

Красноярский край является лидером в России по объемам выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, его выбросы ежегодно составляют 10-12% суммарных объемов выбросов в России в целом. Наиболее крупными загрязнителями всех природных компонентов, особенно атмосферы, в городе Красноярске являются ОАО «Красноярский алюминиевый завод», ТЭЦ -1, ТЭЦ - 2, ТЭЦ - 3, ОАО «Красэнерго», завод «СиВиНит», ЦБК и другие

Суммарное выпадение вредных веществ на территорию г. Красноярска составили 994 т/км<sup>2</sup>. Из общей площади 128,8 тыс. га пригородных районов г. Красноярска накопление тяжелых металлов в почвах сельхозугодий занимают площади: цинка - 34 тыс. га, свинца - 56, меди - 29, кадмия - 26, кобальта - 19 и мышьяка - 5 тыс. га [2].

Тяжелые металлы относятся к приоритетным загрязняющим веществам, за которыми обязательны наблюдения во всех средах, в том числе и почвах. Многие металлы, в том числе медь, цинк, являются микроэлементами, почти все из них при повышенных концентрациях могут стать токсичными для организмов.

Цель настоящей работы - выявление особенностей миграции свинца, кадмия и меди в вегетационно-полевых условиях при выращивании моркови сорта Марлинка.

**Объекты и методы**

Исследования проведены на опытном поле в с. Зыково (Берёзовском районе Красноярского края). Почва на опытном участке имеет следующую характеристику: гумус – 7,7%, pH – 7-8, подвижный фосфор - 300 мг/кг, обменный калий - 150 мг/кг. Тяжелые металлы вносились в 0-20 слой почвы в виде хорошо растворимых солей: CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O, (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>Pb, 3CdSO<sub>4</sub>·8H<sub>2</sub>O в концентрациях 1–5 ПДК. Расчет концентраций проводили согласно данным ПДК.

Уровень загрязнения в вегетационно-полевых условиях создавался в соответствии с таковым в выбранных естественных объектах с учетом фонового содержания (табл. 1).

Таблица 1 – Уровень, создаваемого загрязнения чернозема выщелоченного

<b>Pb+Cu</b>		<b>Cd+Cu</b>		<b>Pb+Cd</b>		<b>Pb+Cd+Cu</b>
Уровень ПДК	Концентрация, мг/кг	Уровень ПДК	Концентрация, мг/кг	Уровень ПДК	Концентрация, мг/кг	
1	32	1	55	1	0,5	
2	64	2	110	2	1,0	
3	96	3	165	3	1,5	
4	128	4	220	4	2,0	
5	160	5	275	5	2,5	
<b>ПДК*</b>	<b>32</b>		<b>55</b>		<b>0,5</b>	

\*Методические указания МУ 2.1.7.730-99. Утв. главным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 07. 02. 1999 г. Введены 05. 04. 1999 г.

После внесения тяжелых металлов и детоксикантов почва инкубировалась в течение 7 дней. В сентябре, после уборки урожая, с каждой делянки была отобрана средняя проба почвы из верхнего слоя толщиной 0-5 см. В этих образцах определяли содержание ТМ атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре (ААС) «Спектр-5» в соответствии с ГОСТом 30178-96. Извлечение подвижной формы тяжелых металлов из почвы проведено ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8 по методу Крупского-Александровой [3].

Для получения информации о миграции ТМ в системе «почва-растение» использовали систему относительных показателей, предложенную В.Б. Ильиным (1979), в которой учитывается валовое содержание элементов – загрязнителей и количество их подвижной формы в почве.

1. Показатель накопления элемента в изучаемой почве:

$$\sum Z^п = \frac{\text{Валовое количество элемента в изучаемой почве}}{\text{Валовое количество элемента в контрольной почве}}$$

2. Показатель активного загрязнения почвы:

$$\sum Z_a^п = \frac{\text{Количество подвижной формы элемента в изучаемой почве}}{\text{Количество подвижной формы элемента в контрольной почве}}$$

3. Показатель общего загрязнения растений (с учетом поверхностного загрязнения):

$$\sum Z^р = \frac{\text{Количество элемента в органе изучаемых растений}}{\text{Количество элемента в органе контрольных растений}}$$

4. Показатель защитных возможностей почвы (почвенный барьер):

$$B^п = \frac{\text{Показатель активного загрязнения}}{\text{Показатель накопления}}$$

Статистическую обработку проводили при помощи пакета Microsoft Excel 97 для Windows и компьютерного пакета статистических программ «Snedecor».

### Результаты исследований

Уровни содержания ТМ в почвах зависят от окислительно-восстановительных и кислотно-основных свойств последних, водно-теплового режима и геохимического фона территорий. При природно-климатической характеристике района исследований, было обнаружено, что начало вегетационного периода в 2010 году было более засушливое, чем в 2009, это в дальнейшем отразилось на содержании валовых и подвижных форм ТМ в почве, следовательно, и в корнеплодах моркови. В 2009 году примерно на 20% меньше содержание ТМ, чем в 2010 году. Подобные результаты выявляли и другие исследователи [4,5]. Это можно объяснить тем, что, скорее всего, почвенная и воздушная засуха, ослабляя растения, значительно снижает толерантность к ТМ: токсичное действие последних начинает проявляться при значительно меньших концентрациях. Иными словами, в засушливые годы защитные механизмы системы «почва-растение» работают менее эффективно, чем при оптимальном гидротермическом режиме, и выращиваемые культуры обогащаются ТМ.

Внесение водорастворимых солей кадмия, свинца и меди повышает валовое содержание этих элементов в черноземе выщелоченном. Содержание кадмия, свинца и меди в почве увеличилось в 5–6 раз в сравнении с контрольным вариантом, с фоновым вариантом – в 11, 18, 23 соответственно раза. При внесении повышенных доз ТМ содержание токсикантов превышало предельно-допустимую концентрацию (ПДК) в 5 раз, ориентировочно-допустимую концентрацию (ОДК) – в 1–2 раза.

Особенно важным является определение содержания подвижных форм тяжелых металлов в почве как более доступных для растений, так и наиболее опасных. В наших экспериментах установлено, что концентрация подвижной формы металлов в почвах зависит от дозы их внесения. Содержание подвижного кадмия варьировало от 0,01 мг/кг до 2,13 мг/кг, при этом относительное его содержание (% от валового), как показали расчеты, изменялось от 10% в контроле до 52,3% при высоком уровне загрязнения почвы. Для свинца содержание подвижных форм составляло от 1,02 (контроль) до 44,8 мг/кг; доля подвижных форм данного элемента при уровнях загрязнения 1–5 ПДК составляла 11,7 – 27,5% от валового содержания. Содержание подвижной меди с увеличением уровня загрязнения изменялось от 3,1 мг/кг до 54,4 мг/кг, относительное его содержание в среднем не превышало 19,5 %. По степени подвижности элементов в условиях полевого опыта металлы в убывающем ряду можно расположить следующим образом:  $Pb > Cu > Cd$ .

Морковь по-разному реагирует на загрязнение чернозема выщелоченного ТМ. При увеличении содержания ТМ в почве происходит и некоторое повышение их концентраций в корнеплодах растений моркови. Превышение ПДК по свинцу в корнеплодах моркови составило от 1,16 до 1,42 ПДК, кадмия – 1 – 9 ПДК, меди – от 1,17 до 2,41 ПДК. Более низкое накопление свинца в корнеплодах моркови объясняется слабой подвижностью этого элемента. Кадмий же сравнительно быстро поглощается и перемещается в растения. Подобную аккумуляцию в овощные культуры наблюдал. Е.И. Волошин (2000).

Показатели накопления исследуемых тяжёлых металлов в почве и в растениях характеризовались одинаковой направленностью. Для свинца, кадмия и меди с повышением уровня загрязнения все коэффициенты повышались по сравнению с вариантом внесения элементов в дозе 1 ПДК (табл. 2). Показатели накопления ТМ в почве и в растениях имеют максимальные значения при загрязнении кадмием на уровне 2,5 мг/кг почвы.

Таблица 2 – Относительные показатели, характеризующие процессы миграции в системе «почва–морковь»

Уровень загрязнения	Показатели			
	$\Sigma Z^п$	$\Sigma Z_a^п$	$\Sigma Z^р$	$B^п$
Pb1ПДК	0,40	0,64	0,57	1,27
Pb2ПДК	0,45	0,70	0,63	1,68
Pb3ПДК	0,50	0,77	0,76	1,91
Pb4ПДК	0,71	0,86	0,86	1,92
Pb5ПДК	0,73	0,90	0,95	0,95
Cu1ПДК	0,31	0,66	1,76	1,01
Cu2ПДК	0,35	0,71	1,16	2,03
Cu3ПДК	0,44	0,76	1,21	1,24
Cu4ПДК	0,61	0,75	0,96	1,50
Cu5ПДК	0,65	0,66	1,00	2,48
Cd1ПДК	0,71	0,80	0,60	1,02
Cd2ПДК	0,75	0,85	0,70	1,16
Cd3ПДК	0,78	0,90	0,80	1,26
Cd4ПДК	0,83	0,92	0,88	1,33
Cd5ПДК	0,91	0,97	0,94	1,52

Таким образом, внесение ТМ (Pb, Cu, Cd) в чернозем выщелоченный в дозах 1–5 ПДК приводит к резкому повышению содержанию их валовых и подвижных форм в почве, а также происходит повышение их концентраций в корнеплодах растений моркови.

При изучении системы показателей загрязнения ТМ в системе «почва–растения», на примере «чернозем–морковь», выявлено, что наиболее токсичным и подвижным является кадмий, в отличие от свинца и меди.

#### **Список литературы**

1. Волошин, Е. И. Аккумуляция кадмия и свинца в почвах и растениях / Е.И. Волошин // Агрохимический вестник. - 2000. - № 3. - С. 23-26.
2. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2006 год» - Красноярск, 2007 - 232с.
3. Ермохин, А.И. Руководство по оценке загрязнения объектов окружающей природной среды химическими веществами и методами их контроля / А.И. Ермохин, Л.П. Рихванов, Е.Г. Язиков. – Томск: изд. ТПУ, 1995. – 96с.
4. Ильин, В.Б. Влияние тяжелых металлов на рост, развитие и урожай культурных растений / В.Б. Ильин, Г.А. Гармаш, Н.Ю. Гармаш. //Агрохимия, 1985. №6. 90-100.
5. Purves D. Trasce–element contamination of the environment/ Amsterdam – Oxford – New York, 1977.